

思考のつながりの重視により生徒一人一人の主体的学習を持続させる学習指導

—— 2年「物質と原子・分子」において、粒子モデルを思考の柱として ——

池 田 雅 章 *

主体的な学習によって、知識だけではなく、それを活用する力を身に付けさせたい。主体的な学習の成立には、各時間の教材のつながりに配慮し、生徒の思考のつながりを重視した指導が有効である。単元を貫く思考の柱を設定し、それと関係付けながら教材を配列することによって、生徒に教材のつながりを意識させ、生徒の思考につながりを持たせることができる。

本研究は、2年「物質と原子・分子」の単元において、「粒子モデル」を単元を貫く思考の柱とすることによって、生徒の主体的な学習を促し、活用する力を身に付けさせられることを示したものである。

1 はじめに

私は理科指導を通して、生徒の自然を愛する気持ちや科学的な物の見方や考え方を育成し、科学的な知識を身に付けさせたいと考えている。また、それらを実際の生活に生かして欲しいとも望んできた。

教師が敷いたレールの上を進むだけの学習では、単なる知識の獲得だけに終わってしまい、自然を愛する気持ちや科学的な考え方、科学の方法などを身に付け、さらに実生活の中で生かせるようになることはできない。しかし、生徒自身が問題を見つけ、解決のための方法を考え、見通しを立て、観察や実験を繰り返す主体的な学習が成立しているならば、そこでの学習によって身に付けた能力を実生活の中で生かすことができるはずである。単なる結果としての知識を知るだけの学習ではなく、過程を経験する主体的な学習の繰り返しによってのみ、生きて働く力が生徒のものになると考える。

自分の授業を振り返って見ると、生徒の主体的な学習をねらいながらも、実際には、教師主導の授業になることが多かった。生徒は、教師の指示に従って動き、実験結果や教師がまとめたものをノートに写すだけという場面が多く見られた。

単元や年間の指導計画においても、全体を見通して構成する配慮が足りなかったために、授業の各時間の教材のつながりが弱かった。各時間の学習内容に必然性や発展性がなく教材につながりががないため、生徒の思考につながりを持たせることができず、主体的に学習に取り組ませることができなかったのである。教材のつながりとは、すべての教材が、共通の目標に向かって構成され、発展性・必然性をもって配置されており、お互い補い合う関係にあるということである。また思考のつながりは、思考の共通

* 理科長期研修員（村上地区理科教育センター、関川村立関谷中学校）

基盤があり、生徒が教材のつながりを意識し、学習の見通しを持てたか否かで判断できる。

生徒の主体的な学習を成立させるには、各時間の教材につながりをもたせ、生徒の思考のつながりを重視した指導を行うことが大切であると考え。そのためには、教材と教材を結び付け、思考の拠りどころとなる思考の柱を設定することが必要である。生徒の思考は、思考の柱から出発して、思考の柱に戻り、次のステップへ進む。すべての学習が、常にこの思考の柱に沿って行われ、単元のねらいの達成に向かって進められる。思考の柱が媒介となって、今日の学習は次時の学習へと連続発展する。新しい教材の必要感が生徒自身から出され、次の教材が抵抗なく受け入れられていく。また、前時までの学習内容を振り返り、応用したり発展させたりすることができるようになっていく。このように、生徒が教材のつながりを意識し、思考のつながりを持てるようになることによって、生徒は学習の見通しや課題解決の見通しが持て、主体的に学習に取り組むようになると考える。

このような考えに基づき、生徒一人一人の主体的な学習を持続させることを目指し、単元の構成を行い、授業実践で検証を試みることにした。

2 研究の具体化

(1) 単元名

中学校 2 年 「物質と原子・分子」

(2) 単元について

本単元では、原子や分子の粒子モデルを使って、物質の成り立ちや化学変化の仕組みを考察させることがねらいである。これまで生徒は、小学校で粒子モデルを扱う経験をしてきているが、中学校では特に粒子モデルを扱っていない。教科書の扱いでも、中学校 1 年の「物質の三態」「物質と燃焼」「物質と化学変化」の学習のいずれも物質や現象を巨視的に見る範囲にとどまり、粒子モデルで考察する扱いはしていない。

ここでは、生徒に、1 年のときよりも一歩進んで、粒子モデルを使って微視的に考察することが求められる。また、定量的な実験や観察を行い、その結果をもとに粒子モデルを原子や分子のモデルへと発展させ、物質は何からできているのか、化学変化はどのようにして起こるのかを説明することも求められる。目に見えない、見るができない粒子の世界を想像し、自分なりの新しい世界を創造しなければならない。生徒にとっては、まったく新しい経験である。しかし、存在感のある「物」を扱うので、力や電流の学習よりも生徒のイメージはふくらみやすいのではないかと期待できる。

また、物質の分離などの、実験の基礎的な操作も必要とされる。このような技能面での習熟も、ねらいの大きな部分を占めると考えなければならない。

(3) 生徒の実態

生徒は、小学校では「空気・水」「溶解」「水溶液の性質」の単元で、物質について学習してきている。中学校 1 年では、化合や分解などの「化学変化」の面から、また、状態変化という「物理変化」の面から、物質について学習してきている。これらの学習内容が、「原子・分子」について学習する際の基礎となる。そこで、「溶解」や「化学変化」などの既習内容について、粒子モデル的な理解との関連

で事前調査を実施した。

5 項目について、結果の一部を次に示す。

| | | |
|----------------------|--|---|
| ① 食塩が水に溶ける際の質量の保存 | 正解 | 65%（ほかは、溶けると軽くなると考えている） |
| ② 食塩水をモデル化して図に表す | 粒子モデル | 67%（均一性についても理解している者30%，ほかは下の方が濃くなると考えている） |
| ③ エタノールの状態変化を説明する | 気体になると 体積が増す | 25%（粒子を用いた説明はなかった，ほかは，説明が不明確） |
| ④ 鉄と酸素が結合している様子 | 粒同士の結合 | 65%（ほかは、鉄の隙間に酸素が入り込む考え） |
| ⑤ ローソクの燃焼をモデル化して図に表す | 〔ロウの気体〕＋〔酸素〕→〔二酸化炭素と水〕の反応は知っていてもそれを粒子的に答えた生徒は80名中2名だけであった。 | |

生徒は、液体や気体について、またそれらの性質について、ある程度粒子モデル的な考え方で理解している。しかし、その考え方は、食塩の粒など、肉眼で見える程度のもの、あるいはそれがいくつかに割れた程度のものを想定していると考えられ、この単元で扱う原子や分子レベルの粒子とは異質なイメージであると思われる。したがって、鉄と酸素の結合も、鉄粉とそれよりいくらか小さな酸素が結合するというイメージであり、分子レベルで考えている訳ではない。このことは、ロウの燃焼（他の物質である二酸化炭素や水が生成する化学変化）を、粒子的に考えた生徒が非常に少なかったことから推測できる。

また、生徒の理科学習に対する興味について、学習内容と学習活動の面から調べてみた。その項目において、一番好きと答えた人数は次の通りであった。（全80人）

| 学 習 内 容 | 男 | 女 | 計 | 学 習 内 容 | 男 | 女 | 計 |
|--------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|
| 動植物を観察し、その生活や体を調べる | 9 | 9 | 18 | 観察や実験をする | 32 | 39 | 71 |
| いろいろな薬品を使って、反応を調べる | 9 | 23 | 32 | 観察や実験の結果を自分でまとめる | 3 | 2 | 5 |
| 力の働き方や電気の流れ方などを調べる | 8 | 0 | 8 | 観察や実験の結果を班でまとめる | 0 | 3 | 3 |
| 宇宙や地球のしくみについて調べる | 10 | 12 | 22 | 結果のまとめを発表し、意見を交換する | 1 | 0 | 1 |

観察や実験などの直接経験への興味が強く感じられるが、具体物から離れ、抽象的な思考を必要とする学習には興味を示していない生徒が多いことがわかる。本単元の指導においては、粒子モデルや原子・分子モデルを実際に手で操作させるような配慮が必要である。

3 研究 仮 説

生徒の主体的な学習を持続させるために、次のように仮説を設定した。

単元全体を貫く思考の柱を設けることによって、単元内の教材のつながりが図られ、生徒の思考につながりを持たせることができ、生徒一人一人の主体的な学習を持続させることができる。

4 指 導 の 構 想

(1) 単元 の 目 標

◎ 現象を微視的に考察する能力を身につける。

① 物質の成り立ちや物質が変化する仕組みをモデルで考察できる。

② 物質の変化を定量的に取り扱い、物質の変化の規則性を見いだすことができる。

③ 実験の基礎的な方法を習得する。

(2) 指導の構想

単元を貫く思考の柱として、「粒子モデル」を設定する。単元目標と毎時間の教材とを結び付けることができるものとして、「粒子モデル」が最適であると考えた。常に、粒子モデルから学習が始まり、粒子モデルを手段として学習が進み、粒子モデルに帰るように、授業の展開計画を立てる。このことによって、各時間の教材につながりを持たせ、生徒の思考につながりを持たせる。

本単元を中心となる目標は「現象を微視的に考察する能力を身につける」である。物質の分離法や元素記号などを丸暗記するだけの学習に終わるのではなく、粒子概念で事象を考察できる力が育てられるような学習でなければならない。したがって、ほとんどの教科書の構成がそうであるように、原子や分子が単元の途中で突然扱われ、単なる知識として原子・分子を覚えて終わってしまうような単元の構成はできない。原子や分子の概念は、説明を聞いて理解しようとするような学習で身につくものではなく、単元全体を通して操作することによって身につくものであると考える。このためにも、粒子モデルでの生徒自身による考察で単元全体を貫くことにより、原子や分子の概念の育成を図りたい。

生徒の持っている粒子に関するイメージには、大きな差がある。そこで、観察や実験を通して、粒子の存在を実感させ、共通のイメージを持たせる。非常に小さい粒子を出発点として、粒子モデルを進化発展させていく。また、その過程において、粒子モデルを図に書かせたり、シール等を使い操作させることによって、定着を図っていく。化学式や化学反応式については、原子・分子まで高めた粒子モデルで確実に理解させた上で、発展として記号を導入したい。

アンケートの結果を重視し、できるだけ多くの観察や実験を取り入れ、興味や関心を引くと同時に、直接経験を重視して行きたい。

(3) 指導計画 (20 時間)

| | |
|-------------------------|--|
| 第 1 次 混合物と純粋な物質 (10 時間) | 粒子モデルを仮定し、物質が分離される様子や物質の特性を粒子モデルで考察する。 |
|-------------------------|--|

- a 単元の導入(1)…………… 物質をつくる粒を予想し、それを一般化するために粒子モデルを仮定する。
- b 混合物を分ける方法(5)…………… ろ過、蒸留、蒸発乾固で物質を分離し、分離される様子を、粒子モデルで考察する。
- c 純物質と混合物を区別する方法(4)…………… 融点、沸点を測定し、物質にはそれぞれ特性があることから、粒子にも特性があることを理解する。

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| 第 2 次 物質の成り立ち (6 時間) | 実験を通して、原子や分子の存在を理解し、物質を原子や分子で考える |
|----------------------|----------------------------------|

- a 原子・分子とは何か(2)…………… 水の電気分解の結果から、原子・分子を導入する。
- b 原子・分子を記号で表そう(2)…………… 原子・分子を図やシールなどのモデルで表し、記号に置き換える。
- c 化合物を記号で表す(2)…………… 化合物を原子モデルで表し、記号に置き換える。

| | |
|----------------------|--|
| 第3次 化学変化と原子・分子（5時間） | 化学変化のようすを、原子や分子で説明し記号で表す |
| a 化学変化と質量(3)…………… | 質量保存・定比例の法則を実験で確かめ、結果を考察することを通して、化学変化のようすを原子や分子で説明する |
| b 化学変化と原子・分子(2)…………… | 化学変化の様子を原子モデルで表し、それを記号に置き換える |

5 授業の実際と考察

(1) 第1次 混合物と純粋な物質

a 単元の導入

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|--|--|
| ○水と水の場合 ・単純和になる……あたりまえだ ○水とエタノールの場合 ・単純和になる……水と水の場合と同じはずだ ・単純和より増える……エタノールは水に溶けないから ・単純和より減る……エタノールは水に溶けてしまうんじゃないか ○実験（水と水を混合、水とエタノールを混合） ○水とエタノールを混合すると、体積が減る ・水とエタノールが混合されるとき、熱が出てエタノールが蒸発する ・エタノールが水に溶けるから、体積が減る ・溶けるとは、エタノールと水が混じること ・エタノールが水の隙間に入り込むのかもしれない ・大豆とゴマのように、水の粒の隙間にエタノールの粒が入り込む ○物質は粒でできているのかも知れない ○物質は粒でできている | ○単元全体の導入 ☆水やエタノールを混合したときの体積はどうなるか 既習経験…………… 水と水を混合しても体積は変わらない（単純和） ↓ 本時の実験結果…………… 水とエタノールを混合すると体積が減る（既習経験とのずれ） ○ずれを説明するために粒の考えが必要だが、生徒からは出なかった ○具体的な例を示す（大豆とゴマを混合して見せ、粒を印象付ける） ○単元全体の中心となる、粒子モデルを仮定 |

粒子モデルを仮定するために、水とエタノールを混合する実験を取り入れた。

水と水を混合した場合の体積については、生活経験や既習経験から、全員が混合前の体積を合計した単純な和になるという予想だった。水とエタノールを混合した場合の体積については、混合前の体積を合計した和と比べ、増える・等しい・減るの3つの意見に分かれた。混合後の体積が、増える又は減ると予想した生徒のほとんどが、その理由として「溶解の有無」をあげていた。実験後の考察でも、体積が減ったのは「エタノールが水に溶けたから」としている。「溶ける」という巨視的な見方からなかなか抜け出すことができなかった。そこで、「溶ける」ということはどういうことなのかを問題にした。生徒は、「混じる」とか「隙間に入り込む」という言葉で表現した。食塩が水に溶けているようすを図に表したことを思い出させ、さらに大豆とゴマの混合を示したところで、生徒は水の粒とエタノールの粒に気付いてくれた。

「水やエタノールは粒でできている」ということから、ほかの物質についても「粒でできている」と

仮定してこの時間を終了した。

b 混合物を分ける方法

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|--|--|
| <p>○食塩と水の場合</p> <ul style="list-style-type: none">・水を蒸発させればよい・ろ紙でろ過すればよい・布にしみ込ませ、乾かせば塩が出てくる・沸騰させればよい <p>○水とナフタレンの場合</p> <ul style="list-style-type: none">・水を蒸発させればよい・ろ紙でろ過する <p>○実験（食塩とナフタレンをろ過によって分離する試み）</p> <p>○ナフタレンはろ過で分けられたが、食塩はだめだ</p> <ul style="list-style-type: none">・ナフタレンは、粒が大きいからろ紙にひっかかる・食塩は水に溶けていて、粒が小さいからろ紙を通る・ナフタレンも、乳鉢ですりつぶせばろ紙を通るだろう・ナフタレンも、何かに溶かせばろ紙を通るようになる（お湯か何かほかのもの……エタノールを指示） <p>○実験（ナフタレンの粒を小さくする）</p> <p>○乳鉢ですりつぶしても、ろ紙を通ることができない</p> <ul style="list-style-type: none">・乳鉢ですりつぶしても、目で見えるから粒が大きい <p>○エタノールに溶かしたものは、ろ紙を通ることができる</p> <ul style="list-style-type: none">・エタノールに溶かすと、目で見えなくなるので、粒が小さくなる <p>○蒸留、蒸発乾固………蒸発しやすい粒子が出ていく</p> <p>○再結晶………温度を上げると溶けやすくなる</p> <p>○粒子の記号を決め、分離される様子を図に表す</p> | <p>○前時で仮定した「粒」の大きさを、体験・意識させる 〔物質は粒でできる〕</p> <p>☆混合物を分けるにはどうしたらいいのだろう</p> <div><p>食塩はろ紙を通過できる ⇒ 粒が小さい</p><p>ナフタレンはろ紙を通過できない ⇒ 粒が大きい</p></div> <p>↓</p> <div><p>ナフタレンも溶けると、ろ紙を通過する ⇒ 本当は粒が小さい</p></div> <p>○溶解についても少し触れた</p> <p>○粒を粒子と言い変える</p> <p>☆分離される様子を粒子で説明しよう</p> <p>☆それぞれの粒子の性質としていえることは何だろう</p> <p>○粒子を溶解度と結び付けられなかったが、結晶のでき方と結び付けた</p> |

前時で仮定した「物質をつくっている粒」を、体験を通して実感できるように学習経過を構成した。

ろ過による分離では、粒の大きさに重点を置いて考えさせた。実験結果をもとに「食塩はろ紙を通過したけれども、ナフタレンは本当に通過できないのだろうか」と問いかけたところ、生徒は、すりつぶす方法と、溶かす方法でろ紙を通過させることができる、という考えを出した。この生徒の考えを生かし、実験を行わせた。その結果、ナフタレンも、エタノールに溶けると、小さい粒になってろ紙を通過することを確認した。生徒は、物質をつくっている粒の大きさを、実験を通して実感し、イメージを修正していった。ここで、溶解と関係付けながら、「粒」と呼んでいたものを、もっと小さい粒の意味で「粒子」と呼ぶことにした。

蒸発乾固や蒸留による分離では、分離されていく際のそれぞれの粒子の様子と、それらの粒子の性質の違いに重点を置き、粒子モデルで表現させた。食塩水の蒸発乾固では、水が蒸発して出ていくことから、水の粒子は食塩の粒子よりも蒸発しやすいことを生徒は指摘した。さらに、このときの水の粒子と食塩の粒子の様子を図にかかせることによって、粒子をイメージしやすくさせるとともに、生徒の理解の程度を確認した。食塩水の蒸留でも、粒子モデルを使って図に表させることによって、生徒の理解を

助け、あわせて、理解の程度を確認することができた。図を点検した結果、40名中35名が粒子モデルで正しく食塩水の蒸留の様子を書き表していた。

今までの授業では、単なる知識としての混合物を分ける方法と、実際にその操作ができる技能を身に付ける学習であった。思考の柱である「粒子モデル」から出発することによって、生徒は、前時からの教材のつながりや、思考のつながりに気付き、粒子の大きさやふるまい、性質の違いに目を向けた。

c 純物質と混合物を区別する方法

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|---|--|
| ○物質をつくる「粒子」の性質を考える ・色、におい、味、大きさ、重さ、蒸発のしやすさ ○実験（ナフタレンの凝固点、エタノールの沸点を測定） ○温度変化をグラフにすると平らな部分ができる ・温度が下がるのが遅くなった（凝固点） ・温度が変わらない（沸点） ○沸騰と凝固の様子を粒子モデルで表す | ☆粒子のいろいろな性質を調べよう ○状態変化に関する考えは出なかった ○沸点、凝固点に着目させた ○凝固点のグラフでは、完全な水平部分は得られなかった ○沸点のグラフでは、ほぼ水平な部分が得られた ☆沸体が沸騰する様子と、固体になる時の様子を粒子モデルを使って図にかこう |

ここでは、物質の状態変化と結び付けて、固体・液体・気体の粒子モデルを生徒が書けるようになることを目指した。

物質の特性としての凝固点と沸点を測定させ、グラフを使ってデータを処理した。次に、各温度で、各状態にあるそれぞれの粒子のようすを図に書かせた。状態変化は小学校4年生と中学校1年生で学習してきているが、あらためて図に書くことによって、さらに理解が深まったと思われる。

(2) 第2次 物質の成り立ち

a 原子・分子とは何か

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|---|--|
| ○水の粒子は、さらに小さな粒子でできているのだろうか ・水は水だから、水の粒子からできている（水という粒子が存在） ・水は水素が燃えてできるから、水素と酸素の粒子が結合している ○実験（水の電気分解） ○水に電流を通すと、水が水素と酸素に分解される ・+極から発生した気体に火を近づけると、ポッと音がして燃えたから水素だ……水の気体ではない ・-極から発生した気体の中に線香の火を入れると、明るく燃えたから酸素だ……ゴム栓をしていたから外から入ることは考えられない ・水素が酸素よりも、2倍位多い ・水の粒子が水素と酸素の粒子に分解された（原子） | ☆水の粒子をさらに小さく分けることはできないか ○粒子そのものについて考えさせる ○水の電気分解の方法を示した ○水素と酸素を、確実に確認できるように実験方法を工夫した ○1年生での燃焼の学習との関連 ○原子の定義 |

水の電気分解は、第2次で唯一の生徒実験である。生徒の期待に答えられるように、また、誰でも容易に操作でき、水素・酸素を集めることと、それらを確認することを確実にできるというねらいを持って、方法に工夫を加えてみた。一般に使われているH字管は、生徒にとって操作が難しいので使用しなかった。うすい水酸化ナトリウムの水溶液を入れた密閉した箱に試験管を立て、ステンレスの針金をコイル状にした電極を取り付けたものを利用した。

生徒は、水の粒子をつくっている粒子を調べるという実験の目的を明確にとらえ、目的を持って操作を行った。その結果、全部の班が水素と酸素を確認でき、目測ではあるが、それらの体積比が2対1であることも確認できた。

ここで、初めて「原子」という言葉を示したが、今まで扱ってきた粒子の正式な名称という導入をしたため、生徒が違和感を示すことはなかった。

b 原子・分子を記号で表そう

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|--|---|
| ○水の粒子を水素の粒子モデルと酸素の粒子モデルで表す <ul style="list-style-type: none"> 水素粒子1個と酸素粒子1個とが結合している 水素が酸素の2倍発生したのだから、水素が2個に酸素が1個じゃないかな ○原子モデルを記号で置き換える <ul style="list-style-type: none"> 水分子の例 [HHO], [OHH], [HOH], [H²O], [H₂O] | ○原子モデルとしてシールを使う ○原子・分子・元素について定義した ○原子と元素の違いについては、混乱しない程度に扱う |

水が電気分解される様子を、カラーシールのモデルを用いて表させた。はじめの予想では、水素原子と酸素原子が1個ずつで水の分子を作り、[水④④] → 水素④ + 酸素④とする生徒が多かった。しかし、意見交換の中で体積比が話題となり、水素原子2個に対して酸素原子1個の水の分子モデルを作り、[水④④④] → 水素④④ + 酸素④であるという結論になった。気体の2原子分子については触れず、それについては第3次の後半で扱うことにした。

ここでは、カラーシールを用いた原子のモデルを実際に操作させることにねらいを置き、自由に動かさせることに努めた。

c 化合物を記号で表す

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|---|---|
| ○練習問題をやる <ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素分子の例 [O₂C], [CO₂] | ○シールを使った練習を数多く取り入れる ○化学式の約束(係数と添え字)を説明した |

「原子・分子を記号で表そう」と話様、この「化合物を記号で表す」でも、カラーシールの原子モデルを使って化合物を考えさせたことは、記号に対する抵抗感を減らすことに役だった。十分にモデルを使った操作をさせた後、記号との置き換えを図った。このため生徒は、記号とモデルを関連づけて考えることができ、原子同士が結合しているのかどうかという点にも注目するようになった。これは、シールをはるときに、原子が結合しているならばシールの一部を重ねるべきだという意見が発端となったものであり、記号だけで考えていては出てこない注目点ではなかったかと考える。

(3) 第3次 化学変化と原子・分子

a 化学変化と質量

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|--|---|
| ○化学変化をすると、全体の質量は変わるのだろうか <ul style="list-style-type: none"> 何か逃げなければ、質量は変わらない 同じ種類を混ぜた場合は変わらないが、違う種類を混ぜると変わる | ☆化学変化すると質量はどうなる ○上皿天秤の上で、希塩酸と石灰石の化学変化を見せ、質量の変化に気付かせる |

| | |
|--|---|
| かも知れない。 ○実験（塩化バリウム・硫酸ナトリウムの水溶液を閉鎖系で混合） <ul style="list-style-type: none">・化学変化をしても質量は変わらなかった・サランラップをしていたから変わらなかったのかな ○粒子モデルで考察する <ul style="list-style-type: none">・全体の粒子の数が変わらないから質量も変わらない | かせた ○塩化バリウムの水溶液と硫酸ナトリウムの水溶液を示す ○それぞれの物質の粒子モデルを示しモデルで考察させた |
| ○銅の酸化について考察する <ul style="list-style-type: none">・銅を加熱すると酸素と結びつく・重さは、酸素の分だけ重くなる ○実験（銅粉をステンレス皿に入れ加熱し、酸化させ、質量を測定） <ul style="list-style-type: none">・銅を加熱すると質量は酸素の分だけ増える・銅の質量と加熱後の質量とは比例する・銅の質量を増やすと、結合する酸素の質量も増える ○銅が酸化される様子を、原子モデルを使って図に表す | ☆銅粉を加熱したら、どんな変化が見られるかな ☆銅の原子と酸素の原子が結合する組み合わせはいつも決っているのかな |

これまでに学習した原子・分子モデル（粒子モデル）で化学変化を考察させた。

初めに、上皿天秤の上で希塩酸に石灰石を加え、質量が変化する様子を演示して見せた。このことによって生徒は、気体が出て行くから「軽く」なると、質量に注目した。そこで、他の化学変化では、質量は変化するのかどうか調べてみようかと投げかけた。さらに、化学変化の際の質量の関係を、今まで学習してきた原子・分子の考えで考察することを指示した。実験後の考察では、何も逃げなかったから質量が変わらないという考えでとどまって、先へは進めなかった。塩化バリウムも硫酸ナトリウムも生徒の知らない物質であることが障害になった。止むを得ず、教師側から粒子モデルを提示する必要があった。粒子モデルを提示されて、生徒は原子数についての意見を出し始めた。粒子の数が変わらないから、質量も変わるはずがないという考えに到達した。粒子モデルが、生徒全員の思考の柱となっているので、生徒の意見発表の場面では、粒子モデルの図を使って他の生徒に訴えることが有効であった。

「銅を酸化したときの質量比」では、課題を、生徒に自分達の問題としてとらえさせることが難しかった。実験前の予想で、酸化銅は〔 CuO 〕なのか〔 Cu_2O 〕なのか、それともまわりの酸素の状態によって酸素が3個も4個も結合するのかを問いかけたが、生徒からは予想を出させることはできなかった。生徒には、予想を出すための情報が揃っていなかったのである。その為か、実験後の考察でも、原子の個数の関係に生徒の考えを発展させることはできなかった。しかし、「銅と酸化銅の質量は比例する」や「銅が増えると、それと結合する酸素も増える」という段階までは、生徒の考えが到達できた。

b 化学変化と原子・分子

| 生徒の活動と反応 | 教師の働きかけ・備考 |
|---|--------------------------------------|
| ○プリントの問題で、化学変化の様子をモデル図で表す練習をする ○気体の分子について知る（ H_2 、 O_2 、 N_2 、 Cl_2 ） ○モデル図を、原子記号に置き換え、化学反応式をかく | ☆化学変化の様子を原子モデルでかく ○原子モデルを中心に考えさせた |

ここでも、化学反応を記号で表すことの前に、十分に原子モデルで操作させる時間を設定した。

生徒は、粒子モデルによって化学反応を表すことには抵抗を示さず、お互いに発表し合うこともできた。原子記号も原子モデルの一種と考えられるが、生徒にとっては非常に抽象的であり、思考活動に無理を来す恐れがある。十分なモデル操作ののち、記号により化学反応式を完成させた。

6 お わ り に

第1次「混合物と純粋な物質」では、単元を貫く思考の柱として、粒子モデルを導入した。また、その定着を図るために、観察や実験を通して粒子を実感させるように努めた。

ろ過の際には「ナフタレンも、粒を小さくすればろ紙を通るはずだ」という、粒子に視点を当てた予想を立て、それを実証するという積極的な取り組みが見られた。これは、前時までの教材とのつながりを意識し、粒子モデルを使った思考を行えたからである。また、各時間のまとめに、粒子モデルの図を書くことへの取り組みもよく、その図も時間を追って正確なものとなっていった。

第2次「物質の成り立ち」で、生徒は、原子や分子の考えをスムーズに受け入れることができた。水の電気分解では、強い興味と関心を示し、何回か実験を繰り返した班もあった。この実験結果を、原子や分子と結び付け、カラーシールを使ってモデル化した。生徒は、原子同士が結合しているかどうかに関心し、結合しているならシールの一部を重ねてはるべきだということを話し合った。このことは、それまでの粒子モデルを使った思考の発展としてとらえることができる。

第3次「化学変化と原子・分子」では、化学変化を粒子モデルでかくことについて、生徒は熱心に取り組んだ。お互いが発表し合い、誤りを修正し合った。粒子モデルを思考の柱として学習をしてきた成果が、ここに表れている。その後、粒子モデルを元素記号に置き換えて、化学反応式を完成させた。

生徒は、粒子モデルという思考の柱を媒介にして、教材のつながりを意識し、思考のつながりが持てたので、学習の見通しや課題を解決する見通しを持って主体的な学習を進めることができた。

以上のことから、今回の研究の仮説はほぼ検証できたと考える。

しかし、問題や課題として残されたことも多い。今回は、2年生の「物質と原子・分子」の単元だけでの実践であったが、単元を越えた教材の連続性も考える必要がある。たとえば、1年生の「物質の状態変化」「燃焼」「化学変化」、3年生の「物質とイオン」などとの連続性も図られなければならない。

また、提示する課題が、生徒にとって必然性や必要感があるものでなければならない。たとえば、今回の「化学変化と質量」のところで、生徒にとって質量を測定する必然性や必要感を感じさせなければならない。そのためには、内容の吟味と、あわせて提示のし方にも工夫をする必要がある。また、発問や展開にも意を用いなければならない。今回は、二酸化炭素を発生する対比実験を導入にもってこることによって、質量に目を向けさせたが、まだ不十分である。今回とは違った方向から迫る方法もあるはずである。検討を加えていきたい。また、教材のつながり、思考のつながりの検討は、生徒の実態のより綿密な考察から出発する必要があることを、実践を通じて痛感した。今後は、より生徒の実態に合致した単元構成が図れるように、さらに研究を進めていきたい。

最後に、この研究を進めるにあたり、授業実践にご協力いただきました、岩船郡関川村立関谷中学校 鈴木和夫校長先生はじめ、森川信夫先生、お世話下さった諸先生方に深く感謝申し上げます。